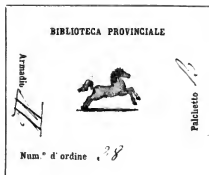
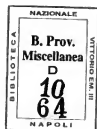


FERGOLA

SOPRA TALUNE OSCILLAZIONI
DIURNE



me)-201-12



SOPRA TALUNE OSCILLAZIONI DIURNE

DEGLI STRUMENTI ASTRONOMICI

E SOPRA UNA PROBABILE CAUSA DELLA LORO APPARENZA

NOTA

del Socio Ordinario E. Fergola

(Adunanza del dì 2 settembre 1871)

*Esatto dal Rendiconto della R. Accademia delle Scienze Fisiche e matematiche
Fascicolo 9° — Settembre 1871*

Dalle osservazioni fatte in gennaio 1869 per trovare le correzioni strumentali del cannocchiale meridiano di Reichenbach, in occasione della determinazione della differenza di longitudine fra Napoli e Roma, risultarono nei valori dell'azimut di questo strumento alcune variazioni sistematiche, a periodo diurno, che mi parvero rimarchevoli pel loro regolare andamento. Come risulta dalla memoria dove sono riferite tutte le osservazioni per la longitudine, l'azimut era determinato in Napoli quasi sempre due volte al giorno, cioè prima delle osservazioni simultanee con Roma mediante i passaggi superiori della Polare e di qualche stella equatoriale, e dopo circa 5 ore con le osservazioni di δ Orsa minore al passaggio inferiore, o altra circumpolare, combinata similmente con una stella equatoriale; ora in tutti i giorni nei quali potetti eseguire le osservazioni per la doppia determinazione di questa correzione trovai sempre il primo valore, quello determinato a prima sera, minore del secondo che era trovato a notte alta. Questo risultato fu per me inaspettato, mentre nell'intraprendere le osservazioni per determinare l'azimut due volte al giorno con intervallo di poche ore, io credevo solamente premunirmi contro gli errori accidentali di qualche osservazione; sospettai quindi l'esistenza di un errore sistematico di riduzione, finchè esaminati tutti i calcoli con ogni maggiore attenzione dovetti convincermi dell'esattezza dei risultamenti trovati, e ritenere per conseguenza il fatto della variazione periodica dell'azimut, che risultava concordemente da tutte le osservazioni allora eseguite.

In media la differenza dal 1° al 2° valore ascendeva a circa $0^{\circ}.14$, ed a prescindere dalla persistenza con cui la variazione si manifestava sempre



in un senso, l'istesso valore assoluto di tale differenza, ottenuto anche una sola volta, è così grande da non potersi affatto attribuire ad errore accidentale di osservazione. Di fatti l'azimut ricavato dal passaggio della Polare risulta da un intervallo di tempo circa 31 volte maggiore dell'azimut stesso, e quello dedotto da δ Orsa minore dipende da un intervallo circa 12 volte più grande; sicchè la differenza $0^{\circ}, 14$ fra i due valori dell'azimut imposterebbe un errore di oltre 4 secondi nell'osservazione della Polare, o di quasi 2 secondi in quella di δ Orsa minore. Tanto dunque il valore assoluto di questa differenza, quanto la costanza del segno da cui essa è affetta escludono assolutamente la possibilità di attribuire ad errori accidentali di osservazioni la discordanza fra i valori trovati.

D'altra parte intanto non è facile immaginare la causa di una variazione sistematica così decisa in uno strumento messo nelle condizioni in cui si trova il cannocchiale di Reichenbach dell'Osservatorio di Napoli. Situato in una sala al pian terreno, ed a piccola altezza sul masso di tufo della collina, questo strumento è sostenuto da due pilastri di un sol pezzo di granito indipendenti dal pavimento, e da tutto il fabbricato circostante. È quindi difficile concepire come, e per quali cause si possa produrre periodicamente nel breve intervallo di poche ore un cambiamento sensibile nella posizione relativa dei due pilastri situati nel modo anzidetto. A spiegare dunque la variazione messa in veduta dalle osservazioni non mi restava, che attribuirla a qualche variazione nei pezzi metallici incastrati nei pilastri, e che sostengono direttamente i perni dell'asse di rotazione. Questo strumento, che si può agevolmente invertire, non si usa ordinariamente che in una sola posizione sopra i due cuscinetti, perchè non si può avere l'illuminazione del campo del cannocchiale se non a traverso il pilastro occidentale. Ora poichè dalla prima determinazione dell'azimut alla seconda, per eseguire le osservazioni corrispondenti con Roma, bisognava mantenere costantemente illuminato il campo, sospettai che la variazione dell'azimut fosse prodotta dall'aumento di temperatura del sostegno del perno occidentale che mi era stato impossibile di evitare.

Credetti per qualche tempo plausibile questa spiegazione finchè mi occorse determinare una sera l'azimut col passaggio superiore della Polare, e la mattina seguente col passaggio inferiore. Nell'intervallo di 12 ore fra i due passaggi il campo non fu illuminato, e pure il 2° valore risultò notevolmente differente dal primo, il segno della differenza essendo sempre quello trovato prima. Questo risulato, incompatibile con la spiegazione immaginata, confermava di nuovo il fatto della variazione sistematica nella posizione dello strumento, che verificai ancora in febbraio 1870 quando, per la discussione delle osservazioni dell'anno precedente, volli

eseguire una serie di osservazioni per trovare le ascensioni rette di parecchie stelle osservate simultaneamente a Napoli ed a Roma, e che non apparivano abbastanza esattamente date dal catalogo. In questa occasione, persuaso già della instabilità dell'azimut del cannocchiale, non mancai mai determinarlo due volte ogni giorno, cioè a prima sera col passaggio della Polare, e verso la mezza notte con 51 Cefeo combinate entrambe con varie stelle equatoriali. In media la differenza dei due risultamenti ottenuti in sette giorni consecutivi si accordava dentro limiti strettissimi con quella avuta l'anno precedente.

Insomma dalle osservazioni di gennaio 1869 risulta una variazione dell'azimut da prima sera verso la mezza notte di 0'.028 per ogni ora, e dalle osservazioni di febbraio 1870 si ricava invece una variazione oraria di 0'.033 cioè appena differente dalla precedente per 0'.005.

Giunto a questi risultamenti con osservazioni fatte sempre nell'inverno, e prima della mezza notte, mi pareva importante esaminare nuovamente di proposito le variazioni dello strumento con osservazioni fatte in altra stagione ed in ore differenti, quando essendo venuto per caso a mia cognizione un fatto analogo osservato altrove, ma in una scala assai più estesa, tale quistione mi si presentò sotto un aspetto totalmente differente, e di gran lunga più rimarchevole, e fui quindi sollecito riesaminarla da un altro punto di vista intraprendendo le osservazioni da cui ebbi i risultamenti che esporrò fra poco all'Accademia.

Quanto al fatto or ora accennato ecco in quali termini esso viene annunziato dal D.^o Gould in una relazione al Soprintendente del *Coast Survey* degli Stati Uniti di America ¹⁾.

« I cangiamenti di azimut durante il periodo delle osservazioni sono stati
• riferiti nei rapporti precedenti, e costituiscono uno dei fenomeni più interessanti e sorprendenti che le calcolazioni abbiano fatto scoprire. In tutte
• le determinazioni telegrafiche di longitudini e senza eccezione, gli strumenti dei passaggi hanno rivelato un movimento in azimut diverso in
• quantità e regolarità nelle diverse stazioni, ma avente quasi senza eccezione
• la stessa tendenza generale, cioè un movimento dell'estremo occidentale
• dell'asse di rotazione verso il Sud a misura che la notte avanzava. Le sole
• apparenti eccezioni fra 25 serie di osservazioni sono quelle di Macon
• nel 1856 e di Mobile 1858, ma le serie di Macon nel 1855 e 1860, e di
• di Mobile nel 1857 e 1861 confermano la regola generale, ed io sospetto
• l'eccezione più apparente che reale. Io non intendo dire che il cangia-

¹⁾ Report of the Superintendent of the Coast Survey, showing the progress of the Survey during the year 1862, p. 158.

« mento sia stato in quella direzione in ogni notte, in ogni stazione ed in ogni campagna, ma le eccezioni apparenti sono state così poche e speciali « da mettere la convinzione che siano dovute ad influenze particolari ed anormali, come p. e. qualche dissesto nell'istrumento o qualche osservazione sbagliata.

« Il generale accadere di questo cambiamento azimutale e l'uniformità « della sua direzione ci conduce a ricercare la sua origine non in perturbazioni locali ma in qualche legge geognostica. Io sono necessariamente condotto alla convinzione che il cambiamento è dovuto alla diminuzione di « temperatura sulla superficie terrestre, mentre che la terra fa la sua rotazione diurna verso occidente. Questi cambiamenti in azimut pare che (almeno in certo modo) dipendano dai cambiamenti termali sopra un'area « troppo grande per poter permettere di connetterle alle variazioni termometriche del luogo di osservazione; ovvero poi, se difatti dovessero essere « funzione di queste variazioni locali, le leggi secondo le quali i cambiamenti della temperatura della superficie seguono i cambiamenti atmosferici « non sono abbastanza conosciute per render facile l'investigazione anche « possedendo maggior numero di elementi di quelli che ne forniscono le « nostre osservazioni ».

Oltre questa notizia generale, ma importantissima, riconfermata in posteriori relazioni dello stesso D.^r Gould nessuna pubblicazione è stata fatta, che io sappia, dove sieno raccolti i risultati numerici ottenuti in tale questione dagli Astronomi Americani; nè d'altronde pare agevole poterli dedurre dalle pubblicazioni periodiche che si fanno in molti Osservatori. Così lo stesso Dottor Gould in un rapporto del 1865 dice di aver fatto computazioni speciali sulle osservazioni pubblicate a Greenwich per determinare la natura e l'ammontare di questa variazione azimutale nello strumento meridiano dell'Osservatorio Inglese, e sembrargli trovare anche qui un tale cambiamento, ma poi conclude i materiali discussi essere poco numerosi per fornire risultamenti definitivi.

Finalmente un'altra conferma del fatto scoperto dal D.^r Gould fu data dagli Astronomi dell'Osservatorio di Washington nel volume delle Osservazioni del 1864 dove si legge:

« È assicurato che l'istrumento di transito è soggetto ad oscillazioni « diurne molto rimarchevoli che cambiano il valore di n , di due o tre « secondi di arco ed anche più. I suoi massimi e minimi hanno luogo « verso 3° e 15° corrispondenti prossimamente all'epoca dei massimi e minimi termometrici; il quale fatto indica che la variazione procede da « movimenti dei pilastri dovuti ai cambiamenti di temperatura. Da 15° « a 3° o durante il giorno il perno Est dell'asse si muove verso Sud, e ri-

« torna prossimamente allo stesso azimut durante le dodici ore successive ».

Ho voluto riferire oltre la scoperta del Gould le poche altre notizie precedenti principalmente per far conoscere quali spiegazioni si sieno proposte di questo singolare fenomeno, che in sostanza viene sempre attribuito ai cangiamenti diurni di temperatura, così dal D.^o Gould come dagli Astronomi di Washington. Il D.^o Gould è persuaso che queste variazioni di azimut siano prodotte da movimenti generali del suolo dovuti ai cangiamenti di temperatura; e gli astronomi di Washington attribuiscono senz'altro ai cangiamenti di temperatura il potere di alterare la posizione relativa dei pilastri, il quale potere dovrebbe però esercitarsi sempre e da per tutto in uno stesso verso.

Passo ora ad esporre le osservazioni che ho fatte ultimamente, dal 7 al 17 luglio 1871, ed i risultamenti che ne ho dedotti, avendo già menzionati quelli ricavati dalle osservazioni fatte negli anni 1869 e 1870.

In queste ultime osservazioni ho cercato tre volte al giorno il valore dell'azimut osservando cronograficamente:

1^o La Polare con α Vergine ed α Boote, a circa 6 ore di tempo medio;

2^o δ Orsa minore con β Cefeo sopra e sotto al polo, verso 11 ore;

3^o La Polare di nuovo con β Balena o α Ariete, verso 18 ore;

ed ho ottenuto i seguenti:

Valori dell'azimut in secondi di tempo

luglio 1871	α 6 ^a	ad 11 ^a	α 18 ^a
7	"	"	+0.979
8	+0.688	+0.723	+0.960
9	+0.778	"	+0.944
10	+0.722	+0.735	+0.879
11	+0.757	+0.774	+0.783
12	+0.751	+0.811	"
13	+0.692	+0.766	+0.967
14	+0.706	"	+0.953
15	+0.714	+0.755	+0.848
17	+0.762	+0.760	+0.853
Medi	+0.730	+0.762	+0.907

Questi risultamenti in generale sono d'accordo con quelli ottenuti da

me stesso negli anni precedenti, e con la legge di variazione scoperta dal D.^r Gould. Come già negli altri anni, l'azimut aumenta con l'avanzar della notte; il primo valore, quello delle 6^h, è poco inferiore all'altro ottenuto alle 11^h, ma entrambi sono sempre assai più piccoli del valore trovato a 18^h. Paragonando i valori estremi si ha in media un aumento di 0'.177 in 12^h, cioè una variazione oraria di circa 0'.015, che è minore di quella dedotta negli anni 1869 e 1870, da osservazioni fatte nell'inverno a prima sera e verso le 11; la qual cosa si potrebbe attribuire alla stagione differente, o anche all'ora del minimo diurno, che potrebbe essere verso il tramonto del sole, cioè circa 2 ore dopo la prima osservazione di ciascun giorno.

Oltre questi risultamenti generali sulle oscillazioni diurne dell'azimut dell'istrumento meridiano, dalle medesime osservazioni ho potuto dedurre ancora un altro fatto notevole per le conseguenze a cui potrebbe condurre, e che mi pare non sia stato ancora da altri osservato, o almeno non preso nella dovuta considerazione.

Come sanno gli Astronomi, si determina l'azimut di uno strumento meridiano osservando a breve intervallo di tempo i passaggi di una circumpolare e di un'altra stella qualunque, e poi formando due equazioni, che contengono per incognite l'azimut e la correzione del pendolo, i termini noti essendo le differenze fra le ascensioni retto e gl'istanti osservati corretti però dagli errori di collimazione ed inclinazione. La correzione dell'orologio che in tal modo si ottiene si riferisce all'ora in cui si esegue l'osservazione, ma poichè la variazione diurna di un buon pendolo astronomico si può conoscere sempre con grande precisione; sicchè l'incertezza sul suo valore raramente raggiunge 0'.1, è chiaro che ho potuto dedurre dalle osservazioni della sera, come da quelle del mattino insieme coi valori dell'azimut di cui ho già fatto cenno, ancora la correzione del pendolo per un istante intermedio fra le due osservazioni cioè distante sei ore da ciascuna, e l'errore che ne può risultare, per l'incertezza della variazione diurna del pendolo, non può raggiungere la quarta parte di 1', cioè sarà inferiore a 0'.03.

Ora prendendo la differenza fra la correzione dell'orologio a 12^h dedotta dalle osservazioni del mattino e quella anche a 12^h dedotta dalle osservazioni della sera ho avuto i seguenti numeri:

luglio 8	— 0.160	luglio 13	— 0.105
9	— 0.130	14	— 0.217
10	— 0.238	15	— 0.166
11	— 0.103	17	— 0.011

che essendo tutti del medesimo segno mostrano evidentemente una differenza sistematica, di circa 0'.15, mentre tenendo conto dell'error medio di ogni osservazione non dovrebbe eccedere 0'.04.

Supponiamo ora che questo fatto si verificasse costantemente come quello della oscillazione diurna degli azimut, e vediamo quali conseguenze se ne potrebbero ricavare.

Come ho già rammentato queste due quantità, azimut e correzione del pendolo, si determinano insieme dalle stesse coppie di equazioni, ma sono indipendenti fra loro, perchè si può alterare comunque l'azimut, anche con un movimento dato di proposito allo strumento, senza che ne possa risultare alcuna variazione sulla correzione del pendolo, e viceversa. Adunque: o si deve cercare la spiegazione di ciascun fatto separatamente ed allora anche chiarito perfettamente l'uno dei due non si saprà nulla sull'origine dell'altro; p. e. se si ammette come dimostrata l'ipotesi del movimento del suolo prodotto dalle variazioni termometriche, dovrà cercarsi ancora la spiegazione delle variazioni sistematiche nella correzione del pendolo; o pure bisogna proporsi di trovare una causa più generale che possa contemporaneamente produrre l'uno e l'altro fatto; e questa seconda maniera di procedere sembra la più naturale.

Le due quantità i cui valori ricavati dalle osservazioni della sera e del mattino presentano le differenze che si vogliono spiegare sono dedotte insieme dalle stesse coppie di equazioni. Se i termini noti di queste equazioni ritenuti come costanti fossero effettivamente variabili, ne verrebbe di conseguenza un'apparente variazione nei valori delle incognite, la quale non corrisponderebbe ad alcun fatto reale. In tal caso le oscillazioni diurne dell'azimut, e le differenze fra i valori della correzione dell'orologio sarebbero due illusioni prodotte da una supposizione erronea; il fatto reale bisognerebbe cercarlo nella variazione dei termini noti delle due equazioni di cui si è fatto uso. Ora è facile vedere che fra i termini noti di queste equazioni quelli dipendenti dalla collimazione, e dalla inclinazione non possono essere affetti da alcuna variazione sistematica proveniente dai cambiamenti di temperatura o da qualunque altra causa a periodo diurno. Di fatti se anche si voglia supporre che in un determinato strumento le variazioni diurna di temperatura possano alterare in una certa direzione il valore della collimazione, è impossibile ammettere che variazioni analoghe debbano produrre sempre cambiamenti simili di collimazione anche in differenti strumenti, sicchè le oscillazioni diurne dell'azimut osservate in tante diverse stazioni non si possono attribuire a variazioni non avvertite nel valore della collimazione. Inoltre poi nel caso speciale delle osservazioni fatte in Napoli, la collimazione è stata determinata non una ma ri-

petute volte tanto la sera che al mattino, ed i risultamenti sono stati sempre vicinissimi fra loro. Quanto poi alla inclinazione, è chiaro che nel termine da essa dipendente il solo fattore che potrebbe sospettarsi capace di subire oscillazioni diurne collegate coi cangiamenti di temperatura è quello che esprime il valore di una divisione del livello. Però in questo termine vi è pure un altro fattore che dipende dall'approssimata posizione dello strumento, ed è perciò impossibile che differenze sistematiche possano essere prodotte in differenti strumenti da cangiamenti anche identici nel valore di una parte del livello. Così volendo proseguire questa discussione bisogna vedere se mai potesse esservi qualche causa non ancora avvertita di una variazione diurna nei valori delle ascensioni rette con cui si potessero spiegare i fatti dianzi esposti.

È generalmente ammesso dagli astronomi che l'effetto della rifrazione si esercita soltanto in altezza; sicchè nelle vicinanze del meridiano l'ascensione retta non ne risente alcuna influenza; e si perviene a tale conclusione supponendo che le superficie di separazione degli strati atmosferici di differenti densità sieno concentriche alla superficie della terra. Questa supposizione sarebbe perfettamente rigorosa se l'atmosfera fosse nello stato di equilibrio, ma mancando questa condizione, che effettivamente manca, la conclusione che se ne trae non può dirsi irrevocabilmente stabilita. Ho supposto dunque che nelle vicinanze del meridiano vi sia sempre una rifrazione laterale che sposti tutte le stelle parallelamente all'equatore di una quantità variabile a differenti ore del giorno, ed ho cercato se con tale ipotesi si poteva dar ragione dei risultati dell'osservazione.

Naturalmente questa rifrazione laterale, se è sensibile, dovrebbe essere differente a varie altezze, ma per fare un primo tentativo di ricerca mi son limitato a supporre, che essa sia sempre eguale ad r per tutte le stelle osservate a 6° , e costantemente eguale ad r' per tutte le stelle osservate a 18° . Le correzioni da fare per tale causa alle ascensioni rette delle stelle osservate sarebbero, com'è facile vedere, $\frac{r}{\cos \delta}$ ed $\frac{r'}{\cos \delta}$ essendo sempre δ la declinazione. Introducendo queste correzioni nei termini noti delle equazioni di cui aveva fatto uso, ho ricavato le equazioni di condizione per ristabilire l'accordo fra i due valori dell'azimut, ed i due della correzione del pendolo ottenuti in ciascun giorno. In tal modo ho avuto venti equazioni fra le due costanti incognite r ed r' che rappresentano i valori della supposta rifrazione laterale a 6° ed a 18° , e quindi ho trovato

$$r = 0.343, \quad r' = 0.483$$

ossia nelle ore della sera una rifrazione laterale verso oriente di 5',15, e nelle ore del mattino una rifrazione di 7',25 pure ad oriente.

Introdotte queste correzioni nelle equazioni che mi avevano dato i valori dell'azimut a 6^h e ad 18^h ho trovato i seguenti risultati:

Valori dell'azimut in secondi di tempo

	6 ^h	18 ^h
luglio 7	»	+0.351
8	+0.221	+0.308
9	+0.311	+0.298
10	+0.256	+0.266
11	+0.290	+0.192
12	+0.290	»
13	+0.230	+0.332
14	+0.242	+0.329
15	+0.253	+0.219
17	+0.298	+0.225

e per vedere l'effetto prodotto dalle correzioni eseguite basta prendere le differenze fra i due valori di ciascun giorno, che sono riunite nella seguente tavola:

Differenze fra gli azimut trovati a 6^h e 18^h

	Prima di eseguire la correzione	Dopo eseguita la correzione
luglio 8	+0.272	+0.087
9	+0.166	-0.013
10	+0.157	0.000
11	+0.026	-0.098
13	+0.275	+0.102
14	+0.247	+0.087
15	+0.134	-0.034
17	+0.091	-0.073

In quanto poi alla differenza fra i due valori della correzione del pen-

dolo a 12^a ricavati dalle osservazioni della sera e da quelle del mattino ho avuto i seguenti numeri:

		Prima di eseguire la correzione	Dopo eseguita la correzione
luglio	8	— 0.160	+ 0.075
	9	— 0.130	+ 0.070
	10	— 0.238	— 0.055
	11	— 0.103	+ 0.081
	13	— 0.105	+ 0.087
	14	— 0.217	+ 0.082
	15	— 0.166	+ 0.028
	17	— 0.041	+ 0.063

Finalmente ho voluto cercare i risultamenti che si avrebbero, in seguito dell'ipotesi fatta, dalle osservazioni di 51 Cefeo e δ Orsa minore. Avendo già trovato per valori della rifrazione laterale a 6^a e 18^a rispettivamente 0'.343 e 0'.483, ho supposto la variazione di questa quantità proporzionale al tempo, e quindi ho ricavato $r' = 0'.401$ come valore della correzione da introdurre nelle osservazioni di δ Orsa minore e 51 Cefeo che passavano a circa 11^a di t. m. Eseguendo questa correzione nelle equazioni relative alle osservazioni di δ Orsa minore e 51 Cefeo ho trovato i numeri riuniti qui appresso:

Differenze fra i valori degli azimut trovati ad 11^a e 6^a

		Prima di eseguire la correzione	Dopo eseguita la correzione
luglio	8	+ 0.035	— 0.010
	10	+ 0.013	— 0.052
	11	+ 0.017	— 0.047
	12	+ 0.060	— 0.010
	13	+ 0.064	— 0.005
	15	+ 0.041	— 0.029
	17	— 0.002	— 0.069

Differenze fra i valori della correzione del pendolo a 12^a
dedotti dalle osservazioni fatte ad 11^a e da quelle fatte a 6^a

	Prima di eseguire le correzioni	Dopo eseguita la correzione
luglio 8	+0.850	— 0.491
10	+0.988	+0.618
11	+0.746	+0.376
12	+0.543	+0.351
13	+0.168	— 0.023
15	+0.091	— 0.101
17	+0.534	+0.251

Le differenze fra i due valori dell'azimut cambiano tutte di segno, ma conservano quasi il medesimo valore medio; queste ultime invece, cioè le differenze fra i due valori della correzione del pendolo, diminuiscono notevolmente ed alcune cambiano anche di segno. Del resto il loro valore assoluto è tuttavia molto grande, perchè la correzione del pendolo dalle osservazioni fatte ad 11^a tanto prima che dopo eseguita la correzione della supposta rifrazione laterale non potevasi ottenere che con poca precisione essendosi osservate a quell'ora solamente due stelle circumpolari (δ Orsa minore e 51 Cefeo).



